



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

(19) SU (11) 1747961 A1

(5105) G 01 L 1/22, 5/16, G 01 G 9/00

311092

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4829053/10

(22) 28.05.90

(46) 15.07.92, Бюл. № 26

(71) Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт по спортивным изделиям

(72) М.А. Трахимович

(53) 531.781(088.8)

(56) Авторское свидетельство НРБ № 29690, кл. G 01 L 1/22, 1979.

Авторское свидетельство СССР № 974155, кл. G 01 L 1/22, 1981.

(54) МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ ДАТЧИК СИЛ И МОМЕНТОВ

(57) Использование: область измерительной техники и может быть использовано в качестве миниатюрного многокомпонентного динамометра для измерения сил и моментов резания в металлообработке, а также в качестве миниатюрных внутримодельных аэродинамических весов. Сущность изобретения: датчик содержит силовоспринимающую

2

часть (1), связанную с параллельным ей основанием (2) шестью стержнями (3-8) с тензорезисторами; при этом стержни (3-8) выполнены с прямоугольным сечением и одинаковыми по длине, и скреплены с силовоспринимающей частью (1) и основанием (2) при помощи трех заделок (9), а основание (2) и силовоспринимающая часть (1) представляет собой повернутые относительно друг друга на угол  $60^\circ$  треугольники, стержни (3-8) скреплены попарно в вершинах основания (2) и силовоспринимающей части (1), а углы при вершинах треугольников, образованных стержнями (3-8) в месте закрепления в силовоспринимающей части (1) составляют  $108-120^\circ$ , а сами эти вершины находятся в вершинах треугольника силовоспринимающей части (1), при этом длина каждого стержня в три и более раза превышает длину большей стороны его сечения и в два и более раза превышает базу тензорезисторов. 9 ил.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в качестве миниатюрного многокомпонентного динамометра для измерения сил и моментов резания в металлообработке и в других технологических процессах, в качестве миниатюрных внутримодельных аэродинамических весов, для очувствления роботов, в эргономических исследованиях, в приборах и тренажерах спортивного назначения и т.д.

Известен многокомпонентный датчик сил и моментов, содержащий силовоспринимающую часть, основание и соединяющие их стержни с измерительны-

ми преобразователями, которым присущи сложность и статическая неопределенность конструкций с нестабильностями во времени и по температуре.

Цель изобретения – упрощение конструкции и повышение технологичности ее изготовления, повышение точности измерений как в статике так и в динамике, расширение динамического диапазона измерений и миниатюризации.

На фиг.1 схематично изображен предлагаемый датчик; на фиг.2 – конструкция одного из стержней с тензорезисторами; на фиг.3 – схема включения тензорезисторов каждого стержня в мост Уинстона; на фиг.4 –

SU (11) 1747961 A1

9 – схемы вычисления компонент измеряемых векторов силы и момента  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$ ,  $M(z)$ ,  $M(y)$  и  $M(x)$  в показанной на фиг. 1 системе координат XYZ.

Датчик состоит из силовоспринимающей части 1, основания 2, шести одинаковых стержней 3, 4, 5, 6, 7 и 8, соединяющих силовоспринимающую часть 1 и основание 2 с помощью заделок 9. Стержни объединены в пары 3–4, 5–6 и 7–8 под углом  $\psi = 108\text{--}120^\circ$ , соединяющиеся между собой у основания 2. Плоскости пар 3–4, 5–6 и 7–8 перпендикулярны силовоспринимающей части 1 и основанию 2 и образуют в их пересечении равносторонние треугольники (пунктирные линии на фиг. 1). Каждый стержень 3–8 имеет длину  $L$  и прямоугольное сечение со сторонами  $a \times b$ , причем величина  $L$  равна или больше утроенной большей стороне сечения ( $a$  или  $b$ ). На противоположных сторонах каждого стержня вдоль его оси в средней части наклеены тензорезисторы 10 с базой 1, которые преобразуют деформацию растяжения – сжатия стержня в изменение своего омического сопротивления.

При этом длина  $L$  любого стержня равна (или) больше утроенной величине базы 1. В непосредственной близости от рабочих тензорезисторов 10 перпендикулярно осям стержней 3–8 наклеены компенсационные тензорезисторы 11. Если величины сторон сечений  $a$  и  $b$  стержней меньше базы тензорезисторов 11, то последние могут быть наклеены на силовоспринимающей части 1 (например, заштрихованные полости 12 на фиг. 2) или на основании 2 вблизи своих стержней.

Все тензорезисторы 10 и 11 (или 10 и 12) каждого из стержней включены в мосты Уинстона (всего в устройстве шесть мостов – по числу стержней), выходные напряжения которых  $V_3\text{--}V_8$  пропорциональны деформациям растяжения – сжатия соответствующих стержней. Причем рабочие тензорезисторы 10 каждого стержня включены в противоположные плечи моста Уинстона, а компенсационные тензорезисторы 11 (или 12) – в смежные с первыми плечи моста. Такое известное включение тензорезисторов 10, 11 (или 12) обеспечивает компенсацию изгибной деформации стержней, минимизирует температурную и временную нестабильность всех шести мостовых схем.

Устройство работает следующим образом.

Воздействующие на силовоспринимающую часть 1 векторы силы и момента (не показаны) приводят к соответствующей деформации части или всех шести 3–8 стержней. Как показали экспериментальные

исследования, доминирующим видом деформации каждого стержня является растяжение – сжатие, которые и воспринимают рабочие тензорезисторы 10. В результате выходные напряжения каждого моста  $V_3\text{--}V_8$  пропорциональны нормальным силам соответствующих стержней 3–8.

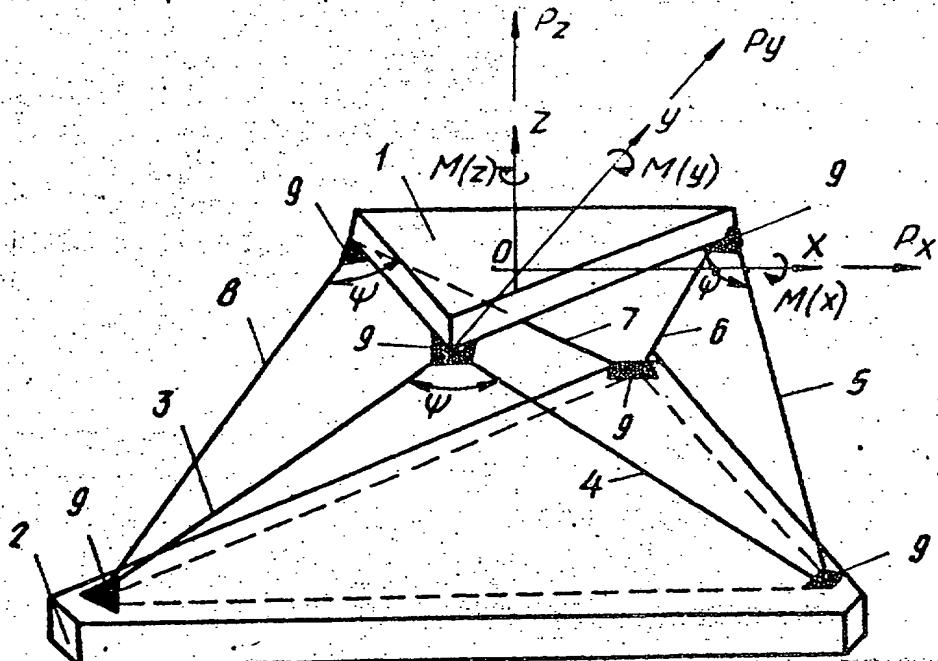
Секторы статических или динамических силы и момента, приложенных к силовоспринимающей части 1, в данной статически определимой конструкции вычисляются из известных шести уравнений равновесия в принятой на фиг. 1 системе координат XY с помощью определения трех проекций силы  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  и трех составляющих момента  $M(x)$ ,  $M(y)$  и  $(Mz)$  по выходным напряжениям мостов  $V_3\text{--}V_8$ . Для решения этой известной задачи используются известные устройства, например шесть сумматоров на операционных усилителях с соответствующими коэффициентами передачи и инверсиями (фиг. 4–фиг. 9).

Использование заделок 9 концов всех стержней, а не сферических шарниров, обеспечивает упрощение конструкции устройства и ее технологичности. Этим же целям служит равенство всех стержней 3–8 по длине и по размерам их прямоугольных сечений. При сборке устройства стержни могут ввариваться между силовоспринимающей частью 1 и основанием 2 по отдельности или совместно предварительно изготавливаться из листового материала штамповкой и (или) фрезеровкой вместе с частями силовоспринимающей части 1 и основания 2 с последующей сваркой мест соединений и т.д. Прямоугольное сечение стержней упрощает процедуру наклейки рабочих и компенсационных тензорезисторов 10 и 11. При этом повышается точность измерений как в статике, так и в динамике за счет устранения эффекта гистерезиса, минимизации нелинейности и повышения жесткости, а с ней низших собственных частот устройства в целом; с повышением прочности и перегрузочной способности, что обеспечивается с помощью попарного объединения стержней 3–4, 5–6, 7–8 под углом  $\psi = 108\text{--}120^\circ$  в трех плоскостях, перпендикулярных силовоспринимающей части 1 и основанию 2 в виде равносторонних треугольников, повернутых друг относительно друга под углом  $60^\circ$ . Для минимизации размеров устройства экспериментально определены предельные соотношения: длина каждого стержня в три раза превышает размер большей стороны его сечения ( $a$  или  $b$ ) и в два раза превышает базу рабочих 10 тензорезисторов 1.

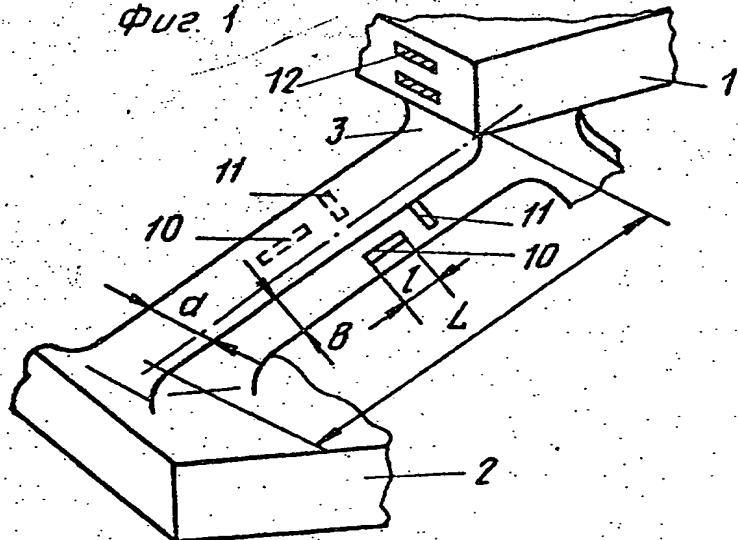
### Ф о р м у л а изобретения

Многокомпонентный датчик сил и моментов, содержащий силовоспринимающую часть, связанную с параллельным ей основанием шестью стержнями с тензорезисторами, отличаящийся тем, что, с целью повышения точности и уменьшения габаритов, стержни выполнены с прямоугольным сечением и одинаковыми по длине, и скреплены с силовоспринимающей частью и основанием при помощи жестких заделок, а основание и силовоспринимающая часть представляют собой повернутые друг относительно друга на угол  $60^\circ$  треугольники; при этом стержни скреплены по-

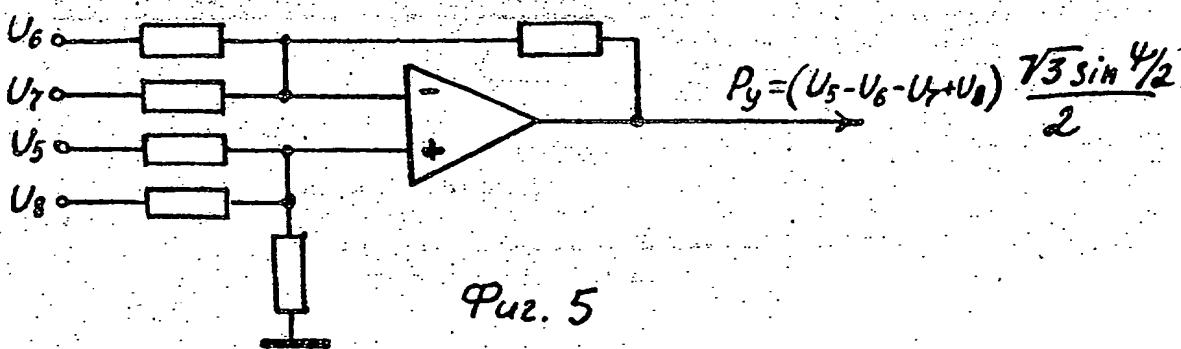
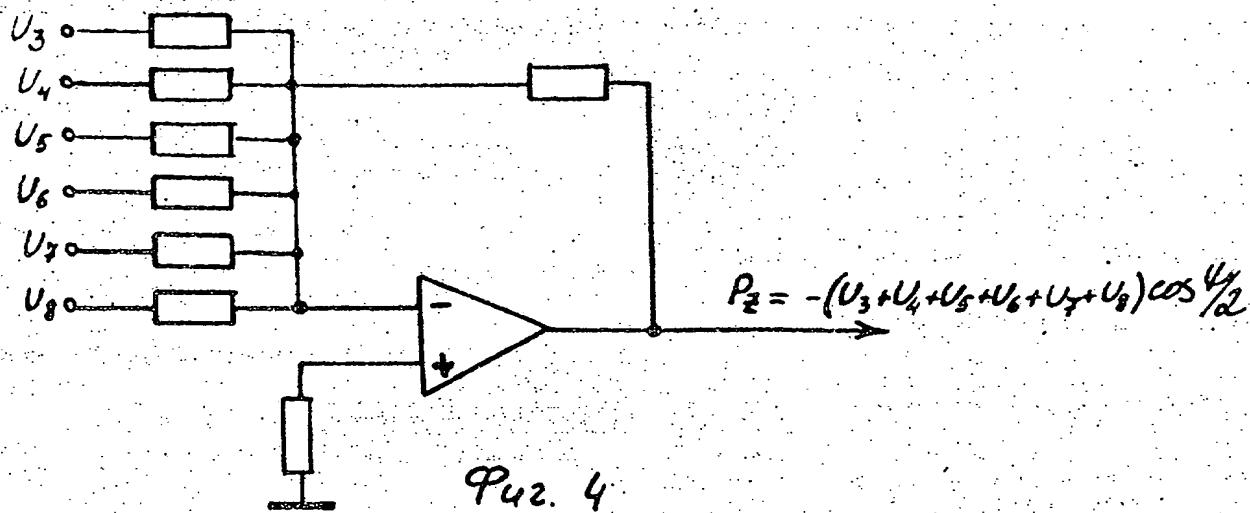
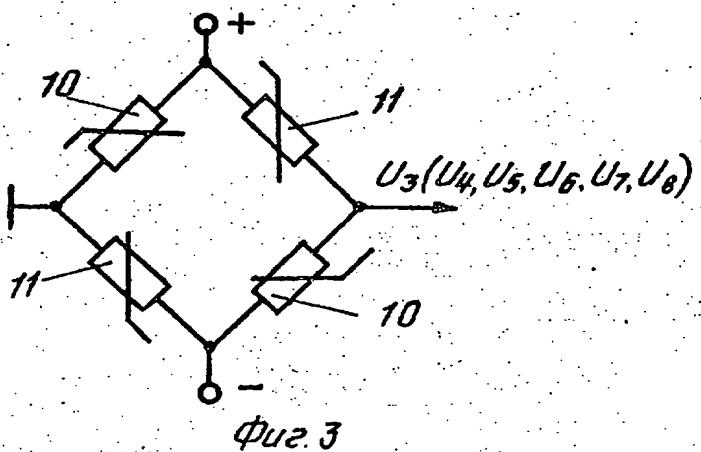
парно в вершинах основания и силовоспринимающей части, и углы при вершинах треугольных граней, образованных стержнями в месте закрепления в силовоспринимающей части составляют  $108\text{--}120^\circ$ , а сами эти вершины находятся в вершинах треугольника силовоспринимающей части, при этом треугольные грани с вершинами в силовоспринимающей части перпендикулярны плоскости основания и плоскости силовоспринимающей части, а длина каждого стержня в три и более раза превышает длину большей стороны его сечения и в два и более раза превышает базу тензорезисторов.

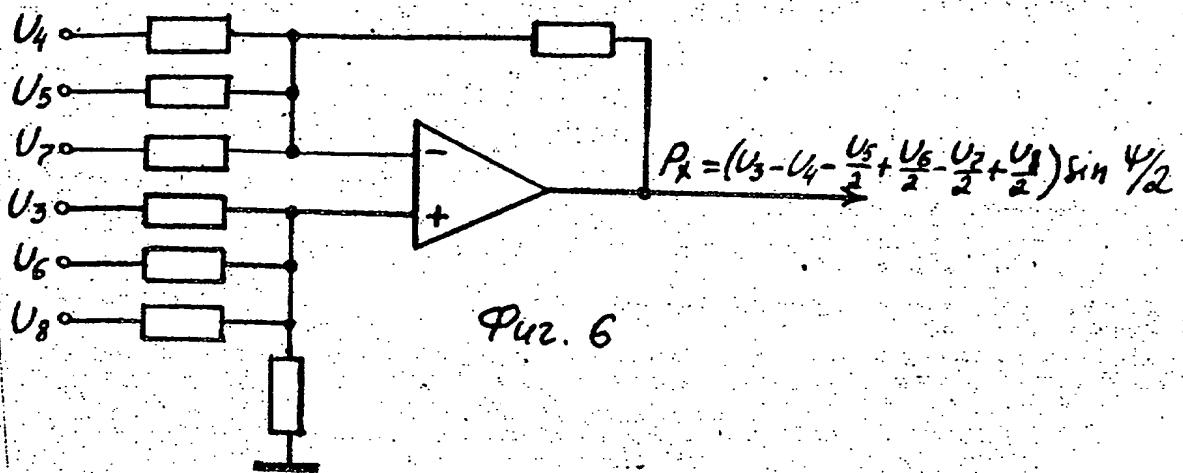


Фиг. 1

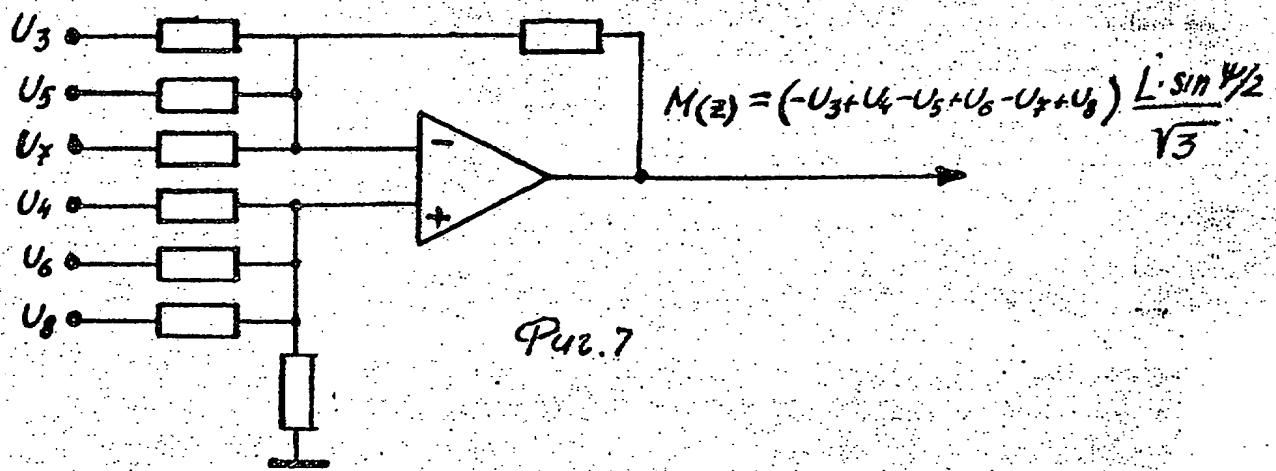


Фиг. 2

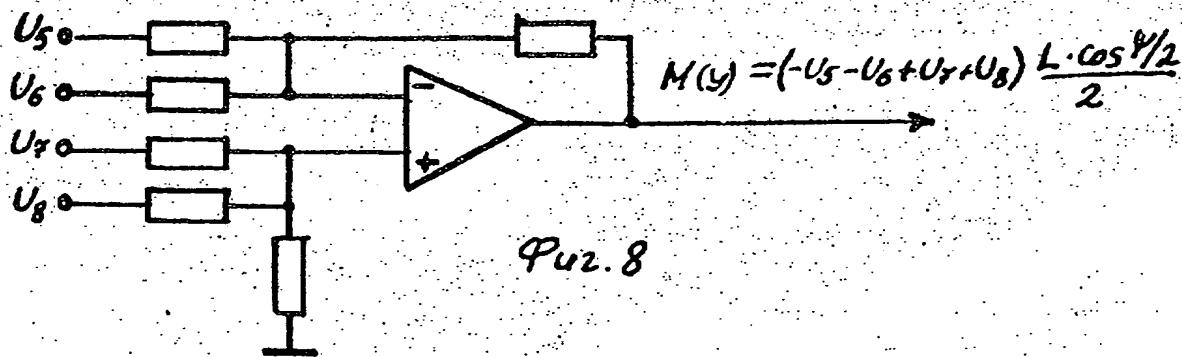




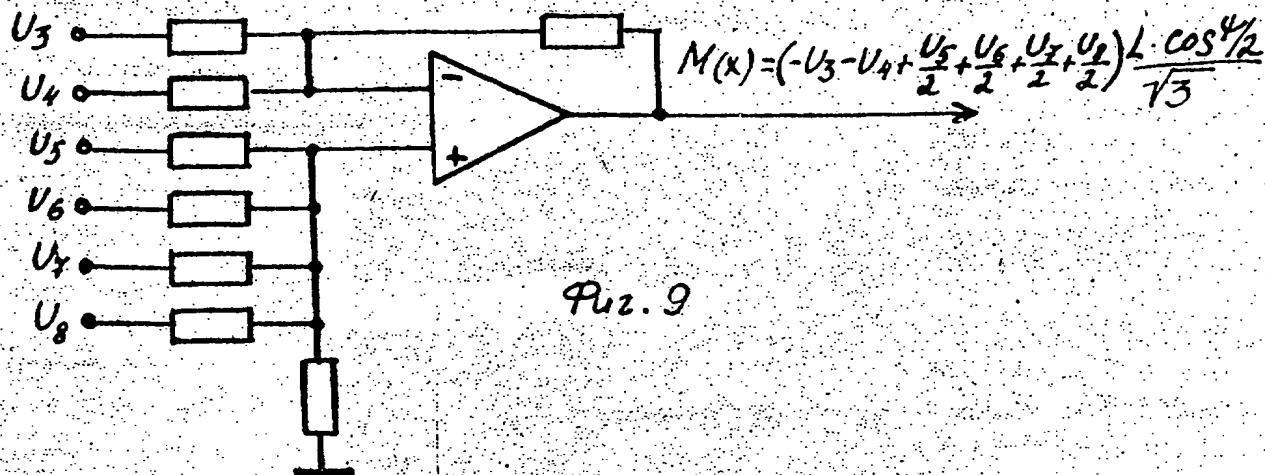
Figur. 6



Figur. 7



Figur. 8



Фиг. 9

Редактор М.Васильева

Составитель М.Трахимович

Техред М.Моргентал

Корректор С.Черни

Заказ 2496

Тираж

Подписьное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101